

## SADRŽAJ

		v
1.	<b>PREDGOVOR</b>	1
1.	<b>ZNACAJ I UTICAJ NAVODNJAVANJA</b> .....	9
2.	<b>KVALITET VODE ZA NAVODNJAVANJE</b> .....	9
2.1.	Uvod .....	11
2.2.	Hemijska svojstva vode za navodnjavanje .....	32
2.2.1.	Sprečavanje zasoljavanja .....	37
2.3.	Upotreba otpadne vode za navodnjavanje .....	41
2.4.	Fizička svojstva vode za navodnjavanje .....	45
3.	<b>REŽIM NAVODNJAVANJA</b> .....	45
3.1.	Uvod .....	47
3.2.	Norma navodnjavanja .....	53
3.3.	Norma zalivanja .....	57
3.4.	Turnusi i trajanje zalivanja .....	58
3.5.	Grafički proračun režima navodnjavanja .....	60
3.6.	Koeficijenti korisnog dejstva .....	65
4.	<b>ODREĐIVANJE MERODAVNIH PROTOKA ZA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE</b> .....	65
4.1.	Uvod .....	67
4.2.	Merodavna potrošnja vode u sistemima za navodnjavanje..	72
4.3.	Modeli distribucije vode u sistemima za navodnjavanje.....	74
4.3.1.	Kontinualna distribucija vode .....	75
4.3.2.	Rotaciona distribucija vode .....	79
4.3.3.	Slobodna distribucija vode .....	85
4.3.3.1.	Prva jednačina potražnje .....	88
4.3.3.2.	Druga jednačina potražnje .....	90
4.3.3.3.	Upoređenje proticaja prema prvoj i drugoj jednačini potražnje .....	91
4.4.	Algoritam proračuna merodavnih protoka u velikim sistemima .....	92
4.4.1.	Hidraulički proračun u mrežama pod pritiskom koje imaju granatu strukturu i samo jedan čvor sa definisanim fiksnim nivoom .....	99
4.4.1.1.	Primer proračuna.....	102
4.4.2.	Hidraulički proračun u mrežama sa granatom strukturuom u kojim se nalazi više čvorova sa definisanim fiksnim nivoom .....	102

4.4.3. Hidraulički proračun u mrežama sa prstenovima - $\Delta Q$ formulacija.....	108
4.5. Zaključak .....	111
5. ELEMENTI SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE .....	113
6. POVRŠINSKO-GRAVITACIONE METODE ZALIVANJA...	119
6.1. Uvod .....	119
6.2. Zalivanje prelivanjem.....	120
6.2.1. Svojstva zalivanja .....	120
6.2.2. Proračun osnovnih elemenata .....	123
6.3. Zalivanje plavljenjem .....	134
6.4. Zalivanje brazdama .....	138
6.4.1. Svojstva zalivanja.....	138
6.4.2. Proračun osnovnih elemenata .....	144
6.5. Načini upuštanja vode kod površinsko-gravitacionih zalivanja .....	148
7. ZALIVANJE KIŠENJEM .....	153
7.1. Svojstva kišenja .....	153
7.2. Elementi sistema za zalivanje kišenjem .....	159
7.3. Prskači .....	160
7.3.1. Svojstva prskača .....	160
7.3.2. Domet mlaza prskača.....	165
7.3.3. Uticaj vetra na kišu prskača.....	167
7.3.4. Radne sheme prskača .....	169
7.4. Uređaji za zalivanje kišenjem .....	173
7.4.1. Uvod .....	173
7.4.2. Prenosna kišna krila.....	174
7.4.3. Samohodna kišna krila .....	182
7.4.4. Konzolni uređaji za kišenje .....	188
7.4.5. Samohodni kišni topovi .....	191
7.4.6. Samohodni automatizovani uređaji na potporama ...	196
7.4.6.1. Uređaji sa kružnim kretanjem .....	196
7.4.6.2. Uređaji sa translacionim kretanjem .....	198
8. PODZEMNO ZALIVANJE .....	203
8.1. Svojstva zalivanja .....	203
8.2. Konstrukcija sistema podzemnog zalivanja .....	206
8.2.1. Uvod .....	206
8.2.2. Cevni sistemi.....	206
8.3. Zalivanje putem regulisanja nivoa podzemne vode .....	216

8.4. Mašinski način podzemnog zalivanja .....	218
9. ZALIVANJE KAPANJEM .....	219
9.1. Svojstva zalivanja .....	219
9.2. Elementi sistema .....	225
9.3. Proračun osnovnih elemenata .....	236
9.4. Održavanje i čišćenje .....	242
10. IZBOR METODE I UREĐAJA ZA ZALIVANJE .....	245
10.1. Izbor metode zalivanja .....	245
10.2. Izbor uređaja za zalivanje kišenjem .....	252
11. DOVODNA I RAZVODNA MREŽA .....	257
11.1. Podela .....	257
11.2. Kanali .....	260
11.2.1. Položaj kanala u osnovi i izbor poprečnog preseka..	260
11.2.2. Režim rada .....	267
11.2.3. Slobodno nadvišenje kanala .....	269
11.2.4. Gubitak vode iz kanala .....	271
11.2.5. Smanjenje gubitaka vode iz kanala .....	280
11.2.6. Dozvoljene brzine kretanja vode u kanalu .....	290
11.3. Cevni vodovi .....	292
12. OBJEKTI NA KANALIMA .....	299
12.1. Podela .....	299
12.2. Objekti za sprovođenje vode .....	300
12.3. Objekti za spajanje delova kanala .....	313
12.4. Regulacioni objekti .....	326
13. ARMATURA, UREĐAJI I OBJEKTI NA CEVOVODIMA ...	339
14. PRORAČUN HIDRAULIČKOG UDARA U MREŽAMA I NJIHOVA ZAŠTITA .....	363
14.1. Uvod .....	363
14.2. Opšte jednačine hidrauličkog udara .....	366
14.3. Jednačine hidrauličkog udara u elastičnim cevima .....	373
14.4. Granični uslovi za jednačine hidrauličkog udara .....	382
14.5. Jednačine hidrauličkog udara za razne granične uslove ...	388
14.5.1. Jednačine hidrauličkog udara za čvorove .....	389
14.5.1.1. Čvor sa dve grane .....	391
14.5.1.2. Čvor sa tri grane .....	392
14.5.2. Zatvarač na kraju cevododa.....	393
14.5.3. Proračun hidrauličkog udara u pumpnim cevima.....	398

14.5.3.1. Jednačine za proračun hidrauličkog udara kada ne postoje četverokvadrantne karakteristike pumpe .....	406
14.6. Zaštita mreža od hidrauličkog udara .....	411
15. GRAVITACIONI VODOZAHVATI NA POVRŠINSKIM VODAMA.....	429
15.1. Opšti uvod i podela vodozahvata .....	429
15.2. Izbor mesta i tipa vodozahvata .....	430
15.3. Gravitacioni vodozahvati bez usporavanja vodotoka (bez pregrade - brane) .....	436
15.4. Gravitacioni vodozahvati sa usporavanjem vodotoka (sa pregradom - branom) .....	444
16. PUMPNE STANICE .....	453
16.1. Opšta dispozicija pumpnih stanica .....	453
16.2. Crpilište .....	463
16.3. Zgrade pumpnih stanica .....	467
16.3.1. Svojstva .....	467
16.3.2. Položaj pumpnih agregata i određivanje glavnih dimenzija zgrade pumpne stanice .....	480
16.4. Usisni cevovodi .....	485
16.5. Potisni cevovodi .....	492
16.6. Pumpe .....	494
16.6.1. Vrste pumpi .....	494
16.6.2. Osnovni parametri pumpi .....	508
16.6.3. Kavitacija .....	519
16.6.4. Karakteristike pumpi .....	525
16.6.4.1. Svojstva .....	525
16.6.4.2. Promena radnih karakteristika pumpi .....	528
16.6.4.3. Zajednički rad pumpe i mreže .....	534
16.6.4.4. Paralelno povezivanje pumpi .....	541
16.6.4.5. Serijsko povezivanje pumpi .....	546
16.6.4.6. Regulisanje rada pumpi .....	549
16.7. Pogonski motori .....	554
16.8. Mehanički i pomoćni uređaji pumpne stanice .....	555
16.9. Pokretne i plivajuće pumpne stanice .....	558
17. VODOZAHVATI KOD NAVODNJAVANJA POD VODOM..	561
SPISAK NAJVAŽNIJIH OZNAKA .....	565
LITERATURA .....	571

## PREDGOVOR

Autor je napisao tri posebne knjige iz oblasti navodnjavanja i odvodnjavanja, koje imaju mnoge svoje specifičnosti. One izlaze iz štampe u isto vreme. Te knjige su: Elementi navodnjavanja i odvodnjavanja, Navodnjavanje i Odvodnjavanje. U prvom delu ovog predgovora istaći će se ono što je zajedničko za sve tri knjige.

Knjige su napisane na osnovu dugogodišnje prakse autora u oblasti građenja, projektovanja i istraživanja u ovim naučnim disciplinama, kao i na osnovu dugogodišnjih predavanja iz ovih ili sličnih naučnih oblasti na Građevinskim fakultetima u Beogradu, Nišu, Banjoj Luci, kao i na Poljoprivrednom fakultetu u Zemunu. Takođe, pri pisanju ovih knjiga autor je koristio i istraživanja drugih istraživača.

Knjige su namenjene širokom krugu korisnika, a prvenstveno studentima građevinskih i poljoprivrednih fakulteta. One su tako napisane da imaju karakter monografskog dela sa koncepcijom da ih mogu koristiti studenti Hidrotehničkih odseka Građevinskih fakulteta Univerziteta u Beogradu i Nišu prema postojećim nastavnim programima koji su slični. Neki delovi knjiga će uspešno koristiti i studentima Opšteg odseka Arhitektonsko-građevinskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, kao i studentima Poljoprivrednog fakulteta-Odseka za melioracije zemljišta Univerziteta u Beogradu, gde je autor više godina predavao sličnu problematiku, Projektovanje hidromelioracionih sistema, a koji će se tokom studija upoznati i sa ovom materijom. Takođe, knjigu mogu koristiti i diplomirani građevinski i poljoprivredni inženjeri u hidrotehničkoj praksi projektovanja, građenja i održavanja sistema za

navodnjavanje, kao i naučni radnici i ostali saradnici struke koji rešavaju složene probleme ovih naučnih disciplina.

Pored toga, autor je dao i svoje kritičko mišljenje o pojedinim metodama proračuna i svoju analizu o njihovoj valjanosti i praktičnoj primenljivosti, kao i svoje viđenje problema navodnjavanja i odvodnjavanja potkrepljeno mnogim dokumentima iz nauke i struke, literature, izvedenih projekata, naučno-istraživačkih projekata, studija i dr. U knjigama je povezana teorija i praksa. Autor je pokušao da raščisti neke terminološke nejasnoće koje su još prisutne u našoj tehničkoj literaturi u ovim oblastima.

Navodnjavanje i odvodnjavanje u poljoprivredi naslanjaju se, uglavnom, na dve veoma različite tehnike: na građevinsku, koja im pruža sredstva za ostvarenje i poljoprivrednu, koja ima za cilj poboljšanje poljoprivredne proizvodnje u zavisnosti od poljoprivrede.

U knjigama se razmatraju, prevashodno, hidrotehnički aspekti navodnjavanja i odvodnjavanja, dok se u oblast poljoprivrednog inženjerstva (kada je reč o odvodnjavanju poljoprivrednih zemljišta) ulazi samo u onom obimu koliko je to potrebno da se objasne fenomeni koji su bitni sa stanovišta hidrotehničke prakse navodnjavanja i odvodnjavanja, koji je nužan građevinskim inženjerima. Ne izučavaju se složeni biološki procesi, koji se proučavaju u biološkim i biotehničkim naukama.

Vodeći računa o postojećoj literaturi i udžbenicima na Građevinskom fakultetu u Beogradu za mnoge izučavane fundamentalne discipline, autor je nastojao da knjige što više skрати i da što više izbegne ponavljanja i tumačenja onih činjenica koje se mogu naći i na drugom mestu. Zato se veća težina stavlja na primenu već stečenih znanja iz drugih predmeta koji se izučavaju na građevinskom fakultetu. Međutim, zbog jedinstva teksta to se nije moglo potpuno ostvariti. Podrazumeva se da čitaoci poseduju solidna znanja iz fundamentalnih predmeta na građevinskom fakultetu, a pre svega iz mehanike fluida, hidraulike i hidrologije.

Knjige sadrže veliki broj podataka literature, tabela, dijagrama, shema, crteža. Ovo će pomoći studentima da lakše savladaju predviđeno gradivo, a takođe, i kod izrade diplomskih radova. Inženjerima u praksi pružiće veliki broj podataka za izradu projekata.

Navodnjavanje i odvodnjavanje imaju veliki značaj za ishranu stanovništva u savremenim uslovima ljudskog opstanka u prenaseljenim

krajevima Zemlje. Oni rešavaju privredne, socijalne, političke i druge probleme jedne zemlje. Međusobna zavisnost i povezanost ovih problema svrstava navodnjavanje i odvodnjavanje u grupu humanitarnih nauka, ali sigurno da u okviru toga ova nauka ima svoju autonomiju.

Autor je nastojao da obradi ovu složenu problematiku iz navodnjavanja i odvodnjavanja na osnovu najnovijih savremenih teorijskih i praktičnih istraživanja i dostignuća, značajnim za određivanje potrebnih parametara kod izgradnje ovih sistema. Nastojalo se, da se sistematizuju savremene metode proračuna i prikazuju se analitičkim relacijama, tabelama, odgovarajućim slikama i dijagramima, tako da je omogućena njihova aplikacija kod projektovanja navodnjavanja i odvodnjavanja. Ovo je urađeno na mnogim mestima i u posebnim poglavljima u sve tri knjige.

Knjiga *Navodnjavanje* bavi se problemima navodnjavanja. Razvoj navodnjavanja u svetu u poslednje vreme doživio je burni napredak, pre svega zahvaljujući osavremenjavanju mehanizacije i brzom tehničko-tehnološkom procesu, a naročito razvoju i napretku tehničkih i poljoprivrednih nauka što pozitivno utiče na opšti progres i unapređenje poljoprivredne proizvodnje. Pravi procvat i vrlo brzo širenje navodnjavanja padaju u naše vreme, čemu doprinosi niz promena u svetu koje pozitivno utiču na razvoj ove oblasti i širenje navodnjavanja površina. Sve ovo zahteva i odgovarajuću savremenu literaturu.

Ne ulazeći u probleme hidraulike, ali imajući u vidu neke osobine hidrauličkog proračuna hidromelioracionih mreža, u ovoj knjizi Navodnjavanje obrađen je proračun mreža u stacionarnom i nestacionarnom režimu.

Iz tog razloga, u knjizi je jedno poglavlje posvećeno određivanju merodavnih protoka za dimenzionisanje sistema za navodnjavanje. Za proračun merodavnih protoka u sistemu za navodnjavanje, osim merodavne potrošnje vode važan je izbor modela distribucije vode u sistemu, što je početna, a možda i najbitnija faza koja prethodi dimenzionisanju distributivnih mreža. S obzirom na aktuelnost zahteva današnjeg trenutka detaljnije je obrađena slobodna raspodela vode (raspodela na zahtev) u sistemima za navodnjavanje, nego što je to bilo urađeno u autorovoj knjizi iz 1994. godine. Ovakva raspodela vode ima veći značaj u sistemima sa privatnim vlasništvom nad zemljištem. Današnja tendencija razvoja našeg društva zasniva se na razvoju privatnog vlasništva bez ograničenja poseda, pa sistemi sa slobodnom

distribucijom vode za navodnjavanje su aktuelni i u nas. Pored materijala iz knjige Navodnjavanje iz 1994. godine ovo poglavlje je obogaćeno i kasnije štampanim radovima autora i njegovih saradnika. Takođe, materija glave je proširena sa algoritmom za proračun složenih velikih sistema za navodnjavanje i prikazan je postupak za dimenzionisanje ovih sistema primenom optimizacionih metoda (genetskog algoritma). Ovaj postupak proračuna, koji je prikazan u knjizi, detaljnije je obrađen u doktorskoj disertaciji Miloša Stanića. Kada se radi o slobodnoj raspodeli vode, hidraulički proračun mreža velikih sistema za navodnjavanje ima svojih specifičnosti. Pod pojmom veliki podrazumeva se, da se radi o sistemu sa velikim brojem parcela i mreži sa velikim brojem grana i čvorova. Primena klasičnih metoda na ove složene mreže je krajnje nepraktična i mogućnost grešaka je, takođe, veoma velika, posebno ukoliko se ima u vidu da se sa svakom promenom strukture mreže menjaju protoci u pojedinim granama i da ih treba ponovo sračunati.

Takođe, jedno poglavlje ove knjige obrađuje proračun hidrauličkog udara u mrežama i njihovu zaštitu. Ovo poglavlje je napisano na osnovu istraživanja autora u ovoj oblasti hidraulike. Date su jednačine autora za proračun hidrauličkog udara, koje su dobijene korišćenjem Karson-Hevisajdovih integralnih transformacija. Na osnovu raznih graničnih uslova, koji se najčešće javljaju u mrežama za navodnjavanje, prikazane su potrebne jednačine za njihov proračun. Prikazan je i proračun hidrauličkog udara u pumpnim cevovodima na osnovu spomenutih jednačina autora. U knjizi su sistematizovani i pregledno prikazani razni načini zaštite mreža za navodnjavanje od hidrauličkog udara. Ovo će pomoći projektantima da proračunaju složene mreže za navodnjavanje, pravilno reše i izaberu odgovarajuću zaštitu hidromelioracionog sistema.

Autor je zahvalan recenzentima ove knjige docentima dr Milošu Staniću, dipl. građ. inž. i dr Slaviši Trajkoviću, dipl. građ. inž. na uloženom trudu, velikom zalaganju pri pregledu knjige i na veoma korisnim savetima. Takođe, autor se najtoplije zahvaljuje dr Aleksandru Gajiću, dipl. maš. inž. redovnom profesoru Mašinskog fakulteta u Beogradu, koji je pročitao i pregledao poglavlja 14 i 16 ove knjige. Autor mu je zahvalan na pažljivom čitanju rukopisa delova ove knjige i na korisnim sugestijama.